

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11162800 A**

(43) Date of publication of application: 18.06.99

(51) Int. Cl.

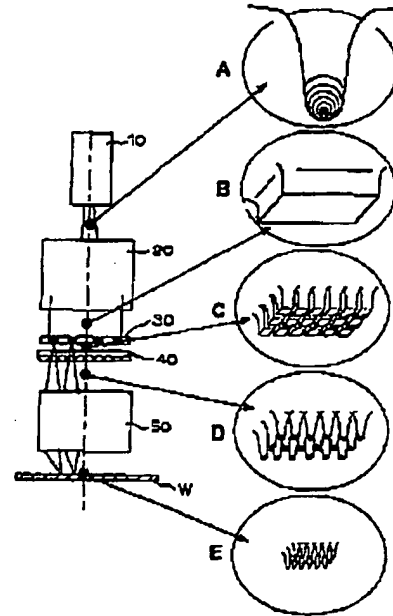
H01L 21/02**B23K 26/00****H01L 21/68**(21) Application number: **09323081**(22) Date of filing: **25.11.97**(71) Applicant: **KOMATSU LTD**(72) Inventor:
CHIBA TEIICHIRO
MORI AKIRA
MIWA HIROSHI
OKUBO HIDEAKI(54) **SEMICONDUCTOR WAFER ON WHICH FINE DOT MARK IS MARKED**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor wafer, in which fine dot marking with little visibility deterioration is operated to a site which can not be predicted as a marking area in a conventional manner due to the fine dot marking, and visibility can be sufficiently maintained even after various surface processing.

SOLUTION: An energy distribution of a laser beam irradiated from a laser oscillator 10 is well-balanced by a beam homogenizer 20, and a liquid crystal mask 30 in which the maximum length of one dot is 50-2000 μm for displaying a desired mark pattern is irradiated with this laser beam. On the other hand, a beam profile converting means 40 is constituted of a dot matrix in the same size corresponding to the dot matrix of the liquid crystal mask 30, and this beam is allowed to pass through the beam profile converting means 40. A laser beam obtained by forming the energy density distribution of the laser beam by dot units into a desired shape is reduced, so that the maximum length of one dot can be 1-15 μm by the lens unit, and image-formed on the scramble line (SL) of a semiconductor wafer surface.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(51) Int.Cl.⁸

識別記号

F I

H 0 1 L 21/02

H 0 1 L 21/02

A

B 2 3 K 26/00

B 2 3 K 26/00

B

H 0 1 L 21/68

H 0 1 L 21/68

A

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願平9-323081

(22) 出願日

平成9年(1997)11月25日

(71) 出願人 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(72) 発明者 千葉 貞一郎

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究本部内

(72) 発明者 森 彰

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究本部内

(72) 発明者 三輪 浩史

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所研究本部内

(74) 代理人 弁理士 野口 武男

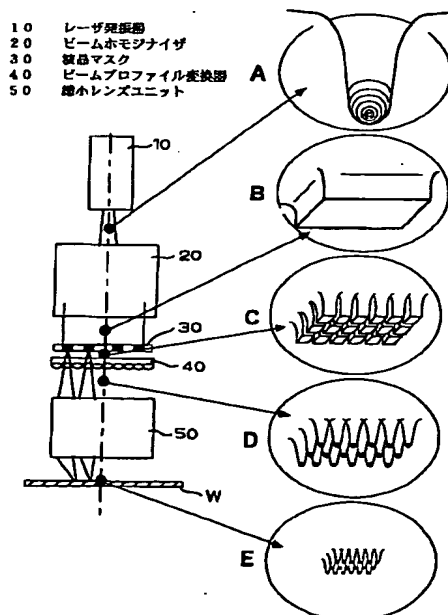
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微小ドットマークが刻印されてなる半導体ウェハ

(57) 【要約】

【課題】 微小なドットマークであるがゆえに従来ではマーキング領域としては予測し得ない部位に視認性の低下が少ない微小なドットマーキングがなされ、多様な表面処理を経ても十分に視認性が維持される半導体ウェハを提供する。

【解決手段】 ビームホモジナイザ(20)により前記レーザ発振器(10)から照射されるレーザビームのエネルギー分布を均整化し、これを所望のマークパターンを表示した1ドットの最大長さが50~2000 μ mである前記液晶マスク(30)に照射する。一方、ビームプロファイル変換手段(40)を前記液晶マスク(30)のドットマトリクスに対応する同一サイズのドットマトリクスにて構成し、前記ビームプロファイル変換手段(40)を通過させて、レーザビームのエネルギー密度分布をドット単位で所望の形状に成形したレーザビームを、前記レンズユニットにより1ドットの最大長さが1~15 μ mとなるように縮小し、前記半導体ウェハ表面のスクライブライン(SL)上に結像させる。



【レーザ光のエネルギー密度分布】

本発明の微小ドットマーキング装置とレーザ光のエネルギー密度分布(ビームプロファイル)の変換過程を模式的に示す説明図

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体ウェハ表面の所定領域に、1ドットの最大長さが1～15 μm の微小なドットマークが形成されてなることを特徴とする半導体ウェハ。

【請求項2】 前記所定領域が半導体ウェハの切断領域であるスクライブライン上である請求項1記載の半導体ウェハ。

【請求項3】 前記所定領域が半導体ウェハの試験用チップの形成領域である請求項1記載の半導体ウェハ。領域である請求項1記載の半導体ウェハ。

【請求項4】 前記所定領域が半導体ウェハの個々のデバイス単位をなすチップの不完全形成領域である請求項1記載の半導体ウェハ。

【請求項5】 前記所定領域が半導体ウェハの個々のデバイス単位をなす各チップ表面である請求項1記載の半導体ウェハ。

【請求項6】 2Dコードの同一のドット形成領域内に重要データが重複してドットマーキングされてなる請求項1～5のいずれかに記載の半導体ウェハ。

【請求項7】 同一工程内で2Dコードの異なるドット形成領域内に同一内容の2Dコードがドットマーキングされてなる請求項1～5のいずれか記載の半導体ウェハ。

【請求項8】 前記同一内容からなる複数の2Dコードのドットマークが異なる深さで形成されてなる請求項7記載の半導体ウェハ。

【請求項9】 レーザ発振器と、前記レーザ発振器から照射されるレーザビームのエネルギー分布を平滑化するビームホモジナイザと、パターンの表示に合わせて前記レーザビームの透過／非透過状態に駆動制御される液晶マスクと、前記液晶マスクの1ドットに対応して、ドット単位で前記レーザビームのエネルギー密度分布を所要の分布形状に成形変換するビームプロファイル変換手段と、前記液晶マスクの透過ビームをドット単位で半導体ウェハの所定領域に結像させるレンズユニットとを備えてなるレーザビームによる微小マーキング装置を用い、前記ビームホモジナイザにより前記レーザ発振器から照射されるレーザビームのエネルギー分布を均整化すること、

1ドットの最大長さが50～2000 μm である前記液晶マスクを駆動制御して所望のマークパターンを表示し、前記ビームホモジナイザにより均整化されたレーザビームを前記液晶マスクに照射すること、
前記ビームプロファイル変換手段を前記液晶マスクのドットマトリックスに対応する同一サイズのドットマトリックスにて構成すること、

前記ビームプロファイル変換手段を通過するレーザビームのエネルギー密度分布をドット単位で所望の形状に成形すること、及び前記ビームプロファイル変換手段により所望の形状に成形された1ドットごとの各レーザビ

ームを、前記レンズユニットにより1ドットの最大長さが1～10 μm となるように縮小して前記半導体ウェハの上記所定領域に結像させること、により得られることを特徴とする請求項1～5記載の半導体ウェハ。

【請求項10】 前記1ドットごとの加工深さが0.5～10 μm である請求項8又は9記載の半導体ウェハ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は半導体ウェハ表面の所定領域に微小で且つ視認性に優れたドットマーキングがなされた半導体ウェハに関する。

【0002】

【従来の技術】半導体製造工程にあっては、各工程ごとに多様で且つ厳密な製造条件を設定する必要がある、これらを管理するために、半導体ウェハの一部表面に数字、文字或いはバーコードなどからなるマークがドット表示される。しかし、半導体の製造工程数は100工程以上にもおよび、しかも各工程において多数の素子形成処理や平坦化処理がなされる。これらの処理には、例えばレジスト塗布、レジスト上へのパターンの縮小投影やレジスト現像、或いは銅配線などにより発生するギャップの埋め込みのための絶縁膜や金属膜などの各種の成膜による平坦化がある。

【0003】一方、上記ドットによるマーキングは、通常、連続パルスレーザビームを光学系を介して半導体ウェハの一部表面に照射することによりなされる。しかも、このマーキングは一回に限らず、各製造工程の履歴特性を知るためにも、各製造工程にて必要最小限の履歴データをマーキングすることが多い。しかしながら、半導体ウェハにおけるマーキングは極めて狭い領域に限られているため、マーキングされるドットの大きさ及び数にも限界があり、そのマーキング領域の広さ、ドットの大きさ、ドット数がSEMI規格などにより規定されている。

【0004】ドットマーキングがなされた半導体ウェハは、例えば特開平2-299216号公報に開示されている如く、He-Neレーザのレーザ光の照射による反射率の変化、或いは通常のレーザ光の熱波の振動の変化として読み取られ、その読み取られた情報に基づき、以降の製造工程における各種の製造条件が設定される。従って、前述の読み取りが正確になされず、誤った情報として読み取る場合には、偶然を除くと全てが不良品となる。その読み取り不良の原因の大半はドットマーキングによるマークの不鮮明さに基づいている。この不鮮明の1つの要因としては、マークを形成するドットの深さが少ない場合に、上述の成膜によるドットが埋没があり、そのためドットの深さをある程度深くする必要がある。

【0005】そこで、所要のドット深さを得ようとして、通常は1回の大エネルギーのレーザビーム照射により半導体ウェハの一部をスポット状に熔融除去してドッ

トを形成しているが、この場合に熔融除去された熔融物がドット周辺に高く堆積し、或いは飛散してその飛散物がドットの周辺部に付着し、素子形成を不可能にしたりして品質に大きな影響を与える。更には、YAGレーザによるドットマーキングの場合には、YAGレーザの特殊性により、或いはそのQスイッチ操作のためレーザ出力に変動が生じやすく、ドットの深さや大きさにバラツキが生じる。

【0006】かかる不具合を解消すべく、例えば特開昭59-84515号公報、特開平2-205281号公報によると、比較的小さいエネルギーのパルスレーザ光を同一ポイントに重複して照射するものがある。前者にあっては、1個のドットを形成するにあたり各パルスごとに順次ドット径を小さくして、同一ポイントに複数回重複して照射し、ドットの穴径を順次小さくしながら深いドットを形成しており、後者にあっては、1回目のレーザパルス照射を1KHz以下の周波数とし、続いて照射されるレーザパルスの周波数を2~5KHzの高繰返し周波数として、0.5~1.0μm或いは1.0~1.5μmの深さのドットを形成している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記ドットに対する読み取りの不鮮明さ（以下、視認性という。）の原因の一つとしては上述の深さにあることも確かではあるが、ドットの深さが深くされていても、その開口部の径が大きい場合には、例えば所要の深さを得るに十分なレーザ光を照射しても、そのエネルギー密度は一般にガウシアン分布であるため、穴内部が全体として滑らかな曲面となってしまう、上述の如き読み取り手段では周辺との差を判断しがたい場合が生じる。

【0008】一方、上記特開平2-205281号公報にはドット深さについて上述の如く0.5~1.0μm或いは1.0~1.5μmである旨が具体的に記載されているが、その径については何ら記載がなく、またそのドット形状についてもガウシアン形状であると紹介されているに過ぎない。

【0009】また、上記特開昭59-84515号公報の開示によれば、第1回目のドットの開口径が100~200μmに対して深さが1μm以下とあり、具体的には4回のレーザ光照射がなされることが記載されていることから、この場合のドット深さはせいぜい3~4μmである。また同公報の図面から、1回に形成されるドット形状もガウシアン形状に近似している。

【0010】従って、これらの公報に開示されたマーキング方法によって、所要のドット深さ及びある程度の均整な大きさのドットが形成されるとは考えられるが、形成されたドット形状は従来の形状に近いので、上記視認性の点では相変わらず確実性に欠けているといわざるを得ない。また、形成されるドットの大きさ（径）についてみても、これを微小にするという点について格別の開

示がなされていないことから、従来の寸法を変更するものではなく、従って現時点における、例えばSEMI規格で規定された数値を踏襲しているに過ぎず、ドット数及びドット形成領域の広さについても実質的には大幅な増加が期待できない。

【0011】また、上記各公報に開示されたマーキングも同様であるが、従来のこの種のマーキングは、例えば特開平6-301690号公報や特開平2-299216号公報にも開示されているごとく、半導体ウェハのオリエンテーションフラット部の近傍や各チップの集積回路加工面の周辺部の余白領域に、製造された半導体装置の品種名、ロット名、ウェハ番号などの識別コードがマーキングされる。

【0012】しかし、前述のごとく集積回路の加工面であるかぎり、たとえその余白領域ではあっても、上述のドットマーキングの視認性が維持される保障はない。何となれば、半導体ウェハの前記集積回路の加工面には上述のごとく多様な成膜工程とその部分的な除膜工程が繰り返されること、更には特にウェハ周辺部が把持と開放が繰り返される領域であることから表面管理が他の部分よりもしにくいいため、前記成膜時、或いは同膜の除去時に、前記成膜のためドットマークが埋め込まれ、或いは除膜が過剰に過ぎてマーク深さが浅くなり、複数の処理を経るたびにその視認性の低下を来することが多い。

【0013】本発明は、かかる従来の課題を解消すべくなされたものであり、その具体的な目的は、微小なドットマークであるがゆえに従来ではマーキング領域としては予測し得ない部位に視認性の低下の少ないマーキングがなされることを可能にし、多様な表面処理を経ても十分に視認性が維持し得る半導体ウェハを提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段及び作用効果】ところで、従来の半導体ウェハに対するドットマーキングは上述の如くすべからず半導体ウェハ表面の周辺部であるか、或いは半導体ウェハの裏面になされる。しかるに、半導体ウェハは既述したとおり半導体素子の各製造工程において把持と開放が繰り返されるため、その周辺部は様々な影響を受けやすい。また、上記各種の成膜やその除去にあっても、ウェハの素子形成領域である中央部にあっては処理が厳格に管理されているため、多工程を経たのちにもウェハ表面の形態は安定しているが、ウェハ周辺部は機械的又は吸着などによる把持部であって、例えばその領域の成膜量や除膜量を厳密に制御することは不可能である。そのため、前記ドットマークがレーザマーキングによる場合には、穴内の膜が蓄積され厚くなりやすく、また除膜量が大きすぎると穴周辺のウェハ本体までも削り取り穴の深さを浅くしてしまい、既述したとおり視認性を低下させてしまう。これは、何もドットマークが穴形状でなく、フォトリソグラフィによるドットマー

キングについても同様のことが言える。

【0015】そこで、本発明者等は最も表面状態の変化が少ない素子形成領域である半導体ウェハの中央部にドットマークが形成できれば、視認性が確保しやすいと考えた。しかるに、素子形成領域に直接ドットマークを形成することは不可能である。そこで、請求項2に係る発明にごとく、特に半導体ウェハを素子単位に切断するときの切断領域であるスクライブラインに着目した。

【0016】前記スクライブラインは、既述したように集積回路製造の各工程にて厳格に管理される。その最終形態はシリコン(半導体)が露出した状態にある。通常は、途中の工程にあっても厳しく管理されるため露出シリコンに非常に近い状態を維持している。従って、このスクライブラインはドットマーキング領域としては、特に理想的な場所であるといえる。

【0017】かかる前提の下に更に検討を重ねた結果、前記スクライブライン以外にもドットマーキングが可能な領域があることを知った。通常、半導体ウェハには最終製品としての半導体素子を形成する領域内に、試験用のチップ形成領域がある。また、半導体ウェハの周辺部には、個々のデバイス単位をなすチップの不完全形成領域が存在する。更には、各素子の周辺部に露出する多数の引出し電極のうち、いくつかが実際には使用されない余分の電極として存在する。従って、本件請求項3～5に係る発明のごとく、これらの部分にもドットマークの形成が可能であれば極めて有効である。また、従来と同様に半導体ウェハの側面も本発明のドットマーキング対象領域となり得る。

【0018】しかし、前記スクライブライン、試験用チップ形成領域、或いは引出電極やオリエンテーションフラットの側面は、いずれにしてもドットマーキングのできる面積は限られてしまい、多数のマークを形成しようとすれば、従来と同様の寸法形態をもつドットマークでは何ら意味をなさない。これに対し、スクライブラインに微小ドット径で英数文字を刻印してデータを書き入れることによって新たな自由度が開けてくる。8in.の半導体ウェハでは、スクライブラインの全長は少なくとも30cm以上が可能であり、これは各段に大きなデータ空間であると言える。

【0019】このデータ空間の拡大は従来では予測し得ない大きなメリットが期待できる。すなわち、2次元コードを自由につかうことができ、また1次元又は2次元コードに関わらず情報バイト数を格段に増やすことができる。従って、同一情報を一度ならず二度三度と書き込むことが可能となる。図20に矢印で示す領域が、本発明のドットマーキングが可能な領域の例を模式的に示しており、同図におけるDAはスクライブライン、DBは試験用チップ形成領域、DCはチップの不完全形成領域、DEは引出し電極表面である。

【0020】しかして、上述の如く従来のドットマーク

のように100～200 μm の寸法からなる場合には、前述のごとき狭小な領域であるスクライブラインでは如何にしてもマーキング量が少な過ぎ、特に2Dコードによる文字情報はもとより多量のデータ入力是不可能である。

【0021】本発明者等は、更に従来の各種のドットマーキング装置、方法及びドット形状について改めて詳しい検討及び分析を行ったところ、微小であるにも関わらず視認性を確実にする主な要因はドット形状にあり、その理想的な形状を得るためには従来のマーキング装置及び方法では実現が不可能であることを知った。

【0022】すなわち、例えば図18に示し、上記特開平2-205281号公報にも開示されているように、従来のマーキング装置によれば、先ず半導体ウェハに印字するための文字入力、マーキングモードが入力部18において設定される。マーカーコントローラ16は、設定されたマーキングモードに従って所定の深さをもつドットをウェハ15にマーキングするため、超音波Qスイッチ素子2、内部シャッタ5、外部シャッタ7、アッテネータ(光減衰器)12及びガルバノミラー13を制御し、1個のドットに対して1回のQスイッチパルスでマーキングする。なお、同図中の符号1は全反射鏡、3は内部アパーチャ(モードセクタ)、4はランプハウス、6は出力鏡、8はアパーチャ、9はレベリングミラー、10はガリレオ式エキスパンダ、11はアパーチャ、14はf- θ レンズ、17はYAGレーザ発振器である。

【0023】かかる一般的なレーザマーキング方式によると、既述したとおり半導体ウェハ表面に照射されるレーザ光のエネルギー密度分布はガウシアン形状を呈しているため、ウェハ表面に形成されるドットマークもそのエネルギー密度分布に影響されてドット内面がなだらかな曲面をなす。これらのマーキング方式は米国特許第4,522,656号の発明に基づいている。この特許の特徴は、マーキングするドット径の1.5～6.5倍の径をもつレーザ光径をウェハ表面に照射することで、周囲への熱伝導を防止し、エネルギーを効果的に利用して、照射ポイントの中央部を熔融して穴を形成することにある。つまり、レーザ光が有するガウシアン形状に分布されたエネルギー密度を有効に利用する方法であって、前記エネルギー密度分布形状の裾野にあたるレーザ強度の低い部分のエネルギーを穴加工部の周辺に照射することによって穴周辺部を暖め、穴中央部からの熱伝導による熱エネルギーの損失を防ぎ、中央部に効果的に穴加工を実現しようとするものである。

【0024】しかしながら、この方式はレーザエネルギーの一部が直接穴加工に使われず消費されることになり、相変わらず非効率的であるばかりでなく、穴の周囲へのレーザ照射により穴周辺部に熱履歴が残り、そのため製品に悪い影響を与えかねない。また、この方式の他

の限界は、 $1 \sim 15 \mu\text{m}$ の微小ドット径を実現できないことである。

【0025】かかる課題は、特に本件請求項9及び10に係る方法の発明により解決される。請求項9に係る発明は、レーザ発振器と、前記レーザ発振器から照射されるレーザビームのエネルギー分布を平滑化するビームホモジナイザと、パターンを表示に合わせて前記レーザビームの透過／非透過状態に駆動制御される液晶マスクと、前記液晶マスクの1ドットに対応して、ドット単位で前記レーザビームのエネルギー密度分布を所要の分布形状に成形変換するビームプロファイル変換手段と、前記液晶マスクの透過ビームをドット単位で半導体ウェハ表面に結像させるレンズユニットとを備えてなるレーザビームによる微小マーキング装置を用いることが前提となる。そして、前記ビームホモジナイザにより前記レーザ発振器から照射されるレーザビームのエネルギー分布を均整化する。

【0026】1ドットの最大長さが $50 \sim 2000 \mu\text{m}$ である前記液晶マスクを駆動制御して所望のマークパターンを表示して、前記ビームホモジナイザにより均整化されたレーザビームを前記液晶マスクに照射する。

【0027】一方、前記ビームプロファイル変換手段を前記液晶マスクのドットマトリックスに対応する同一サイズのドットマトリックスにて構成して、前記ビームプロファイル変換手段を通過するレーザビームのエネルギー密度分布をドット単位で所望の形状に成形する。このビームプロファイル変換手段により所望の形状に成形された1ドットごとの各レーザビームを、前記レンズユニットにより1ドットの最大長さが $1 \sim 15 \mu\text{m}$ となるように縮小して前記半導体ウェハ表面のスクライブライン上に結像させることにより本発明の半導体ウェハが得られる。

【0028】ここで、本発明の半導体ウェハとは、シリコンウェハそれ自体である場合が代表的ではあるが、その他にウェハ表面に酸化膜(SiO_2)や窒化膜(SiN)が形成されたもの、更にはエピタキシャル成長させたウェハ、ガリウム砒素、インジウムリン化合物が表面に形成されたウェハをも含むものである。

【0029】前記スクライブラインは、既述したとおり半導体ウェハをチップ単位に切断するための切断領域である。そのため、スクライブラインの状態は集積回路製造の各工程にて厳格に管理される。その最終形態はシリコン(半導体)が露出した状態にある。一般的には、途中の工程にあっても厳しく管理されるためシリコンがほぼ露出した状態を維持している。従って、スクライブラインはドットマーキング領域としては理想的な場所であるといえる。

【0030】請求項2に係る発明は、特に微小なドットマークによるドットマーキング領域として、前記スクライブラインの領域に着目したものである。従来のドット

寸法では、通常要求されているドット数の形成は不可能であるため、このドット寸法を微小に形成すべく多様な実験を繰り返した。この実験により、単に微小な寸法のドットマークを形成できれば足りるともいえないことを更に知った。すなわち、レーザ発振器から照射されるレーザ光を単に縮小して微小なドットマークを形成するだけでは、既述したとおりレーザ光のエネルギー密度分布がガウシアン形状をなすため、微小で且つ深さが浅く、なだらかな曲面からなる穴形状しか得られない。

【0031】穴に対する上記視認性に関しては、穴とその周辺における光の反射方向及びその反射量に大きな差がある場合に視認性が高くなることは理解できよう。従って、既述したとおり穴が開口径との関係において相対的に深い場合には視認性が高くなることは、一定の入射角度で入射された穴内部における反射光はその反射方向が一律ではなく乱反射するため、穴の開口から外部に出射して来る反射光が少なくなり、一方で穴周辺部が平滑面であることを前提とすれば、その周辺部における反射光は一定方向に反射することから明度が高くなる。その明暗の差が大きい場合に視認性は高くなるといえる。

【0032】図16(a)は穴径に対する深さが相対的に浅く、同時に既述したように穴周辺部に溶融して堆積した部分を有するドット形状をもつ従来の穴の反射光の方向と穴の視認性を示している。この図からも理解できるように、前記堆積部分及び穴底面において穴周辺部と同一方向に反射する反射光が存在する。そのため穴の反射光とその周辺部における反射光との間に余り明暗の差が発生せず、視認性が低くなる。これに対して、図16(b)からも明らかなように、穴径に対する深さが相対的に深く、同時に既述したように穴周辺部に溶融堆積物が存在しない平滑面からなるドット形状の穴では、その周辺部の反射光は方向性が得られるにも関わらず、穴内部からの反射光が殆どなくなるため、穴とその周辺との間の明暗差は大きくなり、視認性も高くなって、ドットの読み込みが確実にされるようになる。

【0033】視認性を高くする穴形状について、更に詳しく検討を加えたところ、穴の縦断面において開口部における内壁面が急峻な角度で傾斜するほど、穴とその周辺部との明暗差が大きくなることが判明した。最も、典型的な穴形状としては藤壺型で深い形状をもつことが望ましい。

【0034】そして、かかる形状の微小ドットを一般的なレーザマーキング装置により形成するには、1ドット単位に照射されるレーザ光の質及び量に対する高精度な制御が必要である。大きなビーム径のレーザ光から本発明という微小径のレーザ光を得るには、高品質で高出力のレーザ光が必要であるが、高出力レーザによる回折現象のため、これ以上小さく絞ることは困難であり、また仮に小さく絞れたとしても、レンズの射出角が大きくなり、焦点深度が極めて小さくなって、実加工ができると

は考えがたい。また、解像度などの点からも超精密のレンズ系が要求される。かかるレンズ系を装備させる場合には、その設備費が一段と高騰し、経済性の観点からも適用は不可能である。

【0035】そこで、本発明者等は更に検討を進めた結果、通常のレンズ系をもってドットの微小化を実現するには、レーザ発振器から出射されるレーザ光自体を1ドットのマーキングに必要且つ十分なエネルギーをもつ小径のレーザ光に分割変換するとともに、各ドット単位のレーザ光のエネルギー密度分布を前述の穴形状に加工するに相応しいプロファイルに変換することが必要であることを知った。そして、かかる好適で且つ均整なプロファイルを成形するには、その前段階にて前記変換される以前の各ドット単位のレーザ光におけるエネルギー密度分布を平滑化しておく必要のあることも分かった。

【0036】前記微小化のための光源を得るには、中央制御部に書き込まれた各種データに基づいて液晶マスクの各液晶単位で任意に光の透過・非透過を駆動制御できる液晶がマトリックス状に配列された液晶マスクを採用することが合理的である。

【0037】また、エネルギー密度分布がガウシアン形状をもつレーザ発振器から出射されるレーザ光のエネルギー密度分布を、例えばトップハット形状に類似した平滑化された形状に変換するには、例えばフライアイレンズやバイナリーオプティクス、シリンドリカルレンズを使用したマスク面上を一括して照射する方式や、ポリゴンミラー、ミラースキャナなどのアクチュエータによりミラー駆動してマスク面上をビーム操作する方式を備えたビームホモジナイザを採用することができる。

【0038】更に、前述のビームホモジナイザによりエネルギー密度分布が平滑化されたレーザ光を、上述の好適な穴形状が得られるエネルギー密度分布のプロファイルに再変換するビームプロファイル変換器としては、例えば後述するように回折光学素子、ホログラフィック光学素子、吸収／透過領域を備えた開口マスク或いは液晶マスク、凸型のマイクロレンズアレイなどが挙げられる。

【0039】すなわち、本発明にあって、図3は前述のごときレーザ発振器から出射され、ビームホモジナイザによりエネルギー密度分布が平滑化されたビームのエネルギー密度分布を、上記ビームプロファイル変換器により更に様々な形状の穴加工に対応するエネルギー密度分布のプロファイルに変換したときに得られる各種の穴の形成過程を模式的に示している。

【0040】この図において注目すべき点は、レーザ光の光軸付近のエネルギー密度を少なくし、或いは無くすることにより内壁面が急峻な傾斜角度をもつ穴形状が得られることである。勿論、これらの図は模式的なものであるから、極端に描かれてはいるが、前述のエネルギー密度分布形状を適当に選択すれば、多様な形状の穴が得ら

れることは、その後の実験により立証されている。

【0041】半導体ウェハ表面に形成される本発明における微小ドットとは、1ドットの最大長さが50～2000μmである液晶マスクを透過するレーザ光がレンズ系を通して得られる縮小結像、すなわち液晶マスクを透過するレーザ光の1ドットの最大長さがレンズユニットを通して1/50～1/200に縮小され、ウェハ表面に1ドットの最大長さが1～15μmとされて照射されることにより形成されるドットマークの寸法をいう。これらの値は、例えばSEMI規格で許容されるドットマーク寸法の最大限の値である100μmと比較すると、3/20～1/100であって、如何に微小な寸法であるか理解できよう。

【0042】一方で、既述したように半導体基板の複数の製造工程にあっては、その各工程でマーキング部分に成膜やエッチングなどが繰り返されるため、徐々にその表面が荒れてきたり、或いはマーク穴が浅くなる可能性が高い。特に、前述のごとき微小な径をもつドットマークでは、その影響を受けやすく上述の視認性を著しく低下させる。この低下の度合は、従来の技術ではドットマークの刻印をやむを得ず最も表面管理が難しい半導体ウェハの周縁部に施したために甚だ大きなものであった。

【0043】上述のごとく本発明によれば、微小ドットの形成が可能となり、且つ狭小な領域にあっても充分な数のドットマークを形成することが可能となるため、本件請求項6～8ではそれらのドットマークにより特に2Dコードのエンコード態様を具体的に規定している。すなわち、請求項6に係る発明にあっては2Dコードの同一のドット形成領域内に重要データが重複してドットマーキングをなしており、請求項7に係る発明では同一工程内で2Dコードの異なるドット形成領域内に同一内容の2Dコードをドットマーキングしている。また、請求項8に係る発明にあっては前記同一内容からなる複数の2Dコードのドットマークが異なる深さで形成される。かかるエンコード態様を採用することにより、読取り率が一段と向上する。

【0044】本件発明により狭小なマーキング領域に前述のごとく多数の情報をエンコードできることは極めて有利である。例えばSEMI規格No. M13-88においてウェハID番号として18桁まで登録が可能であり、1～8桁：ウェハ識別番号、9～10桁：ベンダーコード、11～14桁：抵抗率識別、15：ドーパント種類、16：F；結晶方位、及び17、18桁：チェック文字と規定されている。ここで、例えばこれらのマーク上に成膜の一部がかかったり、かすれたりして、全ての情報が取り出せないことがあり得る。

【0045】そこで、ウェハの識別番号のみを18桁の後にエンコードさせることにより、たとえ前述のような事態により1～8桁の情報が取り出せない場合にも、19桁移行のドットマークを読みだすことにより、結果と

して全情報が取り出せることになる。また、1つのマーキング領域外の複数の領域に同一のマーキングが重複して可能であれば、そのうちの1の領域において読み出しが不可能であっても他のいずれかの領域において補完されるため信頼性が確保される。更には、マーク読み出し手段が異なる場合に、同一内容からなる複数の2Dコードのドットマークが異なる深さで形成してあれば、多様な読み出し手段に対応が可能となる。

【0046】ところで、上記液晶マスクに対するレーザビームの照射には、一括照射又は液晶マスクに対してレーザビームを走査させて照射する方法が採用できる。一括照射による場合には、マークを分割して液晶マスク上にパターン表示させることが望ましく、全てのマークを一括して照射する場合には装置の大型化につながりやすく、コストアップと設備の専有空間の増加を招き、格別の事情がないかぎり採用しがたいが、走査方式を採用する場合には、これらの課題はほぼ解消されるため、この走査方式の採用が一般的である。前記分割方式又は走査方式を採用する場合に、1回の照射範囲は、本発明にあって上記ホモジナイザを通して変換されたトップハット型のエネルギー密度分布形状のレーザ光にあって液晶マスクの100前後のドット数の範囲を1回で捉えることができるものである。勿論、レーザ出力とその断面形状により前記数値範囲は異なることになる。

【0047】更に、本件請求項11に係る発明にあっては、上記請求項10に係る発明の構成に加えて、更に前記1ドットごとの加工深さを0.5~10 μ mと規定している。上述の穴形状に加えてその加工深さを0.5~10 μ mと規定することにより、たとえマーキング部分に成膜やエッチングなどの加工が繰り返されても、ドットマークと周辺との間に明暗差が維持され、視認性が確保される。

【0048】一般に、この種のレーザ光によるドットマーキングは、ウェハ表面にパーティクルが飛散して付着することを防止するため、主にソフトマークと呼ばれる溶融現象を利用した穴加工がなされており、穴周辺に盛り上がり部が形成され、レーザ光のエネルギー密度分布形状と異なったものとなる。図4(a)は従来のガウシアン形状のエネルギー密度分布をもつ一般的なレーザ光により形成される穴形状を示しており、同図(b)は本発明により形成される穴形状を示している。また、図5(a)(b)は前記穴形状をもつ各ドットマークを光学的読み取り装置により読み取ったときの、穴とその周辺部との明暗差を示している。

【0049】これらの図から理解できるように、従来のソフトマークでは、穴が浅いことと、その縦断面形状がなだらかな曲面をなすに過ぎないため、元々が穴と周辺部との明暗差が少なく、しかも、例えば化学機械的研磨(Chemical Mechanical Polishing、以下単にCMPという。)などの処理により穴表面が削られ、或いは穴に

厚い膜が形成されるなどして、更に穴深さが浅くなり、穴とその周辺部との明暗差が更に低下することになる。

【0050】これに対して、本発明のごとくビームプロファイル変換器によりレーザ光のエネルギー密度分布形状を、急峻な傾斜角度を有し、且つ深い穴形状を得るに適した形状に変換して形成される穴形状によれば、マーキング後に複数の成膜処理やエッチングなどがなされても、上記明暗差の低下が少なく、視認性が永く維持される。

【0051】上記ビームプロファイル変換手段は前記液晶マスクの前後のいずれに配してもよい。すなわち、レーザ発振器から出射されるレーザ光を、一旦ビームホモジナイザを通して尖頭値が均整に揃ったエネルギー密度分布をもつプロファイルに成形したのち、これを液晶マスク又はビームプロファイル変換手段を通して各ドット単位に分割し、各ドットごとに上述のごとく所望の形状で且つ同一形状のプロファイルをもつエネルギー密度分布に変換する。

【0052】しかし、前記液晶マスクとビームプロファイル変換手段との配置間隔は、ウェハ表面に照射される結像に崩れを生じさせない点で重要な要素をなすものである。つまり、前記液晶マスクの1ドットの最大長さを、前記ビームプロファイル変換手段と前記液晶マスクとの配置間隔の0.1~10倍に設定する。かかる範囲に前記配置間隔を規定することにより、ウェハ表面に照射される結像に崩れが生じない。

【0053】更に請求項7に係る発明にあっては、ウェハ表面にドットマーキングのための穴加工を施すに必要なレーザ光エネルギーを付与するため、例えば液晶マスクの駆動電圧を制御して前記液晶マスクの透過率を制御し、或いは同時に前記ビームプロファイル変換手段によるエネルギー密度分布形状を変更させて、レーザ光のエネルギー及び/又はその尖頭値の形状を制御する。

【0054】そして、前記ビームプロファイル変換手段としては、通常、屈折現象を利用する光学部材などを採用できる。また、最も望ましいドット形状は藤壺型であり、この場合のレーザ光のエネルギー密度分布形状は、図3(b)に示すごとくガウシアン形状の尖頭部分を凹状に陥没する形状に設計する。勿論、本発明にあって、ドット形状は前述の藤壺型に限定されるものではなく、例えば同図(c)に示すごとく穴底面を凹凸にするため1ドット単位のレーザ光を更に複数の分割したエネルギー密度分布形状を採用する場合もある。

【0055】本発明の微小マーキングは、以上の微小マーキング方法を使って実施される。その代表的な方法は、前記ビームホモジナイザにより前記レーザ発振器から照射されるレーザビームのエネルギー分布を均整化すること、1ドットの最大長さが50~2000 μ mである前記液晶マスクを駆動制御して所望のパターンを形成し、前記ビームホモジナイザにより均整化されたレーザ

ビームを前記液晶マスクに照射すること、前記ビームプロファイル変換手段を前記液晶マスクのドットマトリックスに対応する同一サイズのドットマトリックスにて構成すること、前記ビームプロファイル変換手段を通過するレーザビームのエネルギー密度分布をドット単位で所望の形状に成形すること、及び前記ビームプロファイル変換手段により所望の形状に成形された1ドットごとの各レーザビームを、前記レンズユニットにより1ドットの最大長さが1~15 μ mとなるように縮小して前記半導体ウェハ表面に結像させることを特徴としている。更に、請求項10の発明のごとく、前記1ドットごとの加工深さを0.5~10 μ mとすることが既述した理由から望ましい。

【0056】

【発明の実施形態】以下、本発明の好適な実施の形態をレーザマーキング装置によるドットマーキングについて添付図面に基いて具体的に説明する。勿論、本発明は微小なドットマーキングが可能であれば、レーザマーキング装置に限定されるものではなく、例えばリソグラフィによっても実施が可能である。

【0057】図1は本発明の微小ドットマーキングを形成するためのレーザマーキング装置と、そのマーキング原理とを模式的に示した説明図であり、図2は液晶パターンに従った微小マーキングの形成原理を同じく模式的に示す説明図である。

【0058】図1において、符号10はレーザ発振器、20はビームホモジナイザ、30は液晶マスク、40はビームプロファイル変換器、50は結像レンズユニット、Wは半導体ウェハである。ここで、本発明における半導体ウェハとはシリコンウェハのみならず、同ウェハ表面に酸化膜や窒化膜が形成されたもの、更にはエピタキシャル成長させた半導体ウェハ、ガリウム砒素、インジウムリン化合物などにより成膜された半導体ウェハ一般を総称するものである。

【0059】本実施例にあつては、レーザ発振器10から出射されるガウシアン形状のエネルギー密度分布を有するレーザ光を、まずビームホモジナイザ20を通して、尖頭値がほぼ均一なトップハット型のエネルギー密度分布形状(B)に成形する。

【0060】前記ビームホモジナイザ20は、例えばガウシアン形状のエネルギー密度分布をもつレーザ光を、平滑化されたエネルギー密度分布の形状に成形するための光学部品を総称する。この光学部品としては、例えばフライアイレンズやバイナリーオプティクス、シリンドリカルレンズを使用して、そのマスク面上に一括照射するか或いはポリゴンミラーやミラースキャナなどのアクチュエータによるミラー駆動によってマスク面上を走査させる方式がある。

【0061】こうしてエネルギー密度分布が均一に成形されたレーザ光は、次いで液晶マスク30の表面に照射

される。このとき、液晶マスク30は広く知られているように所要のマーキングパターンをマスク上に駆動表示することが可能であり、図2に示すごとく前記レーザ光は同パターン表示領域内の光透過可能な状態にあるドット部分を透過する。この各ドットごとに分割されて透過したのちの各透過光のエネルギー密度分布も、前記ビームホモジナイザ20により成形された形状(B)と同一であつて均一に分布されている。

【0062】また、本実施例にあつて前記液晶マスク30に1回で照射する領域は、ドット数で5×10~10×10個であり、これをレーザ光をもって一括照射するが、かかるドット数では必要とする全てのドットマーク数を満足し得ないことが多いため、マークパターンを数区画に分割して順次液晶マスクに表示させ、これを切り換えながら組み合わせて全体のマークパターンをウェハ表面に形成するようにしている。この場合、ウェハ表面に結像させるときはウェハ又は照射位置を当然に制御移動させる必要がある。かかる制御手法としては従来から公知とされている様々な手法が採用できる。

【0063】上記液晶マスク30を通過したドット単位のレーザ光は、続いてビームプロファイル変換器40に照射される。このビームプロファイル変換器40は前記液晶マスク30のマトリックス状に配された個々の液晶に対応して同じくマトリックス状に配列されている。従つて、液晶マスク30を透過したレーザ光は、1対1に対応してドットごとに前記ビームプロファイル変換器40を通過して、ビームホモジナイザ20によりそれぞれに平滑化されたエネルギー密度分布のレーザ光が本発明特有の微小な穴形状を形成するに必要なエネルギー密度分布形状へと変換される。本実施例では前述のごとく液晶マスク30を通過した後のレーザ光を、ビームプロファイル変換器40を通過させて、そのエネルギー密度分布形状を変換しているが、液晶マスク30を通過させる前にビームプロファイル変換器40を通過させて、そのプロファイルを変換させるようにしてもよい。

【0064】ビームプロファイル変換器40を通過したレーザ光はレンズユニット50により絞られ、半導体ウェハWのスクライブラインSL表面の所定の位置に照射され、同表面に必要なドットマーキングがなされる。従来のこの種のドットマーキングは、既述したとおり半導体ウェハの周辺部になされている。かかる部位へのマーキングではウェハ周辺部における膜厚の制御が困難であることに由来して、例えばエッチング不足の場合には、CMP処理のたびにCMP膜(特にメタル系)がドットマーク上に少しずつ堆積し、読み取りを不可能にし、或いはCMP膜を完全に除去しようとして、ウェハ表面を削ってしまい、結果としてドットマークの深さが浅くなり、同じく読み取りを不可能にする。ミクロン単位の微小なドットマークにあつては、かかる事態は致命的である。

【0065】その点、半導体ウェハの切断領域であるスクライブラインSLにあっては、前述のウェハ周辺部を回避できる上に、成膜処理や除膜処理などの視認性に影響する加工がなされることがないため、本発明のごとくスクライブラインSLの表面にドットマーキングがなされることは望ましいことである。しかしながら、従来のドット寸法では所要のドット数をスクライブラインSL上に形成することは不可能である。そこで、上述のごとくマイクロ単位の微小なドットマーキングが要求されることになる。

【0066】ここで、ミクロン単位のマーキングを複数のウェハ表面に均一に形成しようとする場合には、そのマーキング面と集光レンズとの間の距離や光軸合わせをミクロン単位で調節する必要がある。本実施例によれば、焦点検出はレーザ顕微鏡などで一般に使用されている共焦点方式で高さ計測を行い、この値からレンズの縦方向の微小位置決め機構にフィードバックさせて、自動的に焦点の位置決めがなされる。また、光軸合わせや光学構成部品の位置決め及び調整は、一般的に知られた方法が採用され、例えばHe-Neレーザなどのガイド光

を通じて、予め設定されている基準スポットに適合させるべくネジ調整機構などによって調整する。この調整は組立時に一回だけ行えばよい。

【0067】一方、ドットマークの各ドットの大きさは、加工する光源の波長に依存することが判明した。一般に、

パターンニングの分解能 $=k_1 \cdot \lambda / NA$
加工焦点深度(加工可能な焦点方向距離の幅) $=k_1 \cdot \lambda / (NA)^2$

で表される。ただし、 K はプロセスファクタ(比例定数)、 λ は光源波長、 NA はワーク表面への射出角である。

【0068】前記式から、パターンニングの分解能を小さくするためには、光源波長を小さくするか、或いはワークへの射出角を大きくすることが考えられるが、焦点深度との兼ね合いでワーク表面への射出角はある値に制限されてしまう。従って、本発明では波長の短いレーザ光を使うことが好ましい。従来、ウェハ上へのマーキング用光源として、YAGレーザの基本波(波長: 1064 nm)がたようされているが、本実施例によればYAGレーザの2倍波(波長: 532 nm)か3倍波(355 nm)、或いはその波長範囲に則した波長のレーザ光源を使用している。

【0069】このように、本実施例にあって微細ドットマーキングが実現されると、それに伴って焦点深度が小さくなる。一方、半導体ウェハ表面にマーキングを施すにあたり、ウェハの厚み誤差やウェハ自身のそり、うねり、更にはウェハハンドリングの位置出し精度などの影響があるため、焦点深度よりもその影響が大きい。その結果、焦点位置を検出して自動的に位置出しをするため

の自動焦点位置出し手段が不可欠となる。前記焦点位置の検出手段としては、上述のごとく一般の共焦点顕微鏡による検出方法や三角点測定法が採用できる。しかし、装置の小型化と測定精度を考慮すると共焦点法が最も好ましい。前記自動焦点位置出しの機能は、前記焦点位置検出手段によるフィードバック信号で微小位置決めを行うことが実現される。

【0070】また、スクライブラインSLのような極めて微小な領域に対する加工にあっては、そのための位置決め手段が特に重要である。すなわち、それらの微小領域の直ぐ脇には重要な半導体基板の表面が存在するため、スクライブラインSLなどの加工域以外の加工は絶対に許されない。誤って、加工領域以外に加工がなされるようなことがあっても、これを阻止することが必要である。

【0071】スクライブラインSLの検出自体は、従来のダイシング時における公知の手法が採用できる。具体的には、画像処理法により複数点を観察し、平面位置に加えて回転方向位置を検出する手法である。一方、マーキング位置が誤った場合のマーキング防止手段としては、半導体ウェハ表面に近接させてスクライブラインSLなどの加工パターンと同一のパターンをもつマスクを設置すればよい。

【0072】上記ビームプロファイル変換器40は、前記ビームホモジナイザ20により平滑化されたエネルギー密度分布を本発明に特有のドット形状を得るために最適なエネルギー密度分布の形状に変換させるための光学部品であり、回折現象、屈折現象或いはレーザ照射ポイントにおける光透過率を任意に異ならせるなどして、入射レーザ光のエネルギー密度分布のプロファイルを任意の形状に変換するものである。

【0073】図3(a)~(c)は、本発明によるビームプロファイル変換器40で変換されるエネルギー密度分布の形状に基づき形成されるドットマークの典型的な形状例を示している。なお、同図はレーザ光による1ドット単位のドットマーキングの形成にあたっての過程を示しており、同図に示すごとくビームホモジナイザ20により平滑化されたエネルギー密度分布をもつレーザ光は、ビームプロファイル変換器40により同図(a-1)~(c-1)に示すエネルギー分布形状(B)に変換する。同図(a)では、尖頭値の大きいガウシアン形状をなしており、これを結像レンズユニット50を通過させて、縮小された像を半導体ウェハWの照射ポイントに照射すると、ウェハ表面にはドット深さの大きいドットマークが形成される。

【0074】同図(b)では、ビームホモジナイザ20により平滑化されたエネルギー密度分布をもつレーザ光が、ガウシアン形状の頂上付近が凹状に陥没したエネルギー密度分布形状(B)に変換されている。これを結像レンズユニット50により縮小させて、半導体ウェハW

の照射ポイントに照射すると、同図(b-1)に示すごとくウェハ表面にはドット深さが深く、且つその内壁面が底面に向けて急峻な傾斜角度で落ち込む形状に形成される。また、同図(c-1)に示すごとくビームホモジナイザ20により平滑化されたエネルギー密度分布をもつレーザ光をビームプロファイル変換器40により複数のガウシアン形状のエネルギー密度分布に変換すると、前述のようにして形成されるドット形状は同図(c-2)に示すごとくドット内周壁面が急峻に落ち込むとともに、底部が凹凸面となったドット形状が得られる。

【0075】こうした形状を有する本発明装置により形成されるドットマークは、例えば図4(a)に示す従来のドットマークの形状と異なり、図5に示すごとくドットとその周辺との明暗に大きなコントラストが得られ、以降に多様な処理がなされてもスクライブラインSLに直接影響しないこともあって、マーク読み取りに誤りが生じない。つまり、既述したとおりドット径に対する深さが相対的に深く、同時にドット周辺部に熔融堆積物が存在しない平滑面からなる形状のドットマークでは、その穴周辺部の反射光には方向性が得られ、穴内部からの反射光は内部で散乱して殆どなくなるため、穴とその周辺との間の明暗差が大きくなり、視認性も高くなって、ドットの読み込みが確実になされるようになる。更に、前記ドットの縦断面における開口部分の内壁面が急峻な角度で下方に傾斜するほど、微小な寸法からなるドットマークであっても穴とその周辺部との明暗差が大きくなり視認性が更に確保される。

【0076】本発明にあって、微小なドットマークとは最大長さが1~10 μ mの寸法範囲にあり、穴深さが0.5~10 μ mにある。このような寸法のドットマークを形成するには、縮小レンズユニットの解像度などによる半導体ウェハWの表面の照射ポイントにおける結像に崩れを生じさせないようにするためと、液晶マスクの製作上必要な開口率を確保するために、上記液晶マスクの1ドット当たりの1辺長さが50~2000 μ mであることが必要である。更には、前記ビームプロファイル変換器40と前記液晶マスク30との配置間隔が余り大きく過ぎても或いは小さ過ぎても、周辺の光線の影響を受け或いは光軸の不安定さの影響を受けて、半導体ウェハ表面の結像に乱れを生じやすい。そこで、本発明にあっては、図18において前記液晶マスク30の1ドットの最大長さYを、前記ビームプロファイル変換器40と前記液晶マスク30との配置間隔Xの0.1~10倍に設定する必要がある。かかる範囲に前記配置間隔を規定することにより、ウェハ表面に照射される結像が鮮明なものとなる。

【0077】次に、本発明の上記ビームプロファイル変換器40によるレーザ光のエネルギー密度分布の変換方法を具体例に基づいて説明する。図6及び図7は回折現象を利用したビームプロファイル変換器によるエネルギ

ー密度分布の変換説明図である。本実施例では、回折光学素子(Diffractive Optical Element)を使用している。図6(b)は5 \times 5ドットの液晶マスク30と、これに対応して配された同じく5 \times 5ドットの回折光学素子からなるビームプロファイル変換マスク40-1とを平行に配設した模式図である。図6(a)は前記液晶マスク30を介して前記ビームプロファイル変換マスク40-1を透過したときのレーザ光のエネルギー密度分布の変換状態を示している。図7は前記回折光学素子の構造を模式的に示した平面図であり、同図に示すごとく回折光学素子を透過するレーザ光中の矩形外周部はそのまま透過し、中央部に入射されるレーザ光は外周方向に回折される。

【0078】すなわち、前記ビームホモジナイザ10により尖頭値が平滑化されたレーザ光は、前記ビームプロファイル変換マスク40-1の1素子に入射されると、外周部の入射光は直線的に透過し、中央部の入射光は外周側に回折して、図6(a)に示すごとく外周部に向かうにつれてエネルギー密度が高くなり、中心部に向けてエネルギー密度が漸減する密度分布形状となる。そして、前記回折の角度及び間隔はレーザ光の回折条件を決定することにより算出される。かかるエネルギー密度分布に変換されたレーザ光の縮小像が半導体ウェハ表面の照射ポイントに照射されると、形成されるドットマークは周辺部に大きなエネルギーをもっているため穴周壁部がエネルギー損失なく速やかに熔融加工されるとともに穴中央部では周辺の強力な熱伝導により同様に熔融し、図4(b)に示すごとく深く且つ縦断面が略矩形に近い穴形状に形成される。

【0079】図8は前記実施例と同様に回折現象を利用したビームプロファイル変換器の他の実施例の製作法を示しており、同図によるビームプロファイル変換器としてはホログラフィック光学素子が用いられている。その製作方法は、同図に示すごとく後述する開口マスク41からのプロファイルをリレーレンズ42及びハーフミラー43を介してフィルムタイプの透過型ホログラム44上に結像させ、これを物体光として均一な参照光と干渉させることにより、前記ホログラム44上に干渉縞を記録する。このホログラム44に前記参照光と同様の一様なプロファイルの再生光(例えば、液晶マスク30を透過したレーザ光)を入射させることにより、ホログラム44上に開口マスク41に存在したビームプロファイルが再生される。こうして製作されるホログラフィック光学素子は、上記実施例におけるビームプロファイル変換マスク40-1と類似の光学素子として取り扱うことができる。

【0080】なお、前記開口マスク41は、例えば図7に模式的に示すごとく矩形外周領域を遮光部41aとし、中央領域を矩形の回折格子状の半透過部41bとし、その中間領域を透過部41cとして構成する。本発

明にあっては、図10に示すように前記開口マスク41の半透過部41bを単なる半透過部として構成し、これをそのままビームプロファイル変換器として利用することも可能である。

【0081】図11は同開口マスク41をマトリックス状に配したビームプロファイル変換器と同開口マスク41を透過したレーザ光のエネルギー密度分布を示している。同図から理解できるように、平滑化されたレーザ光は開口マスク41を透過すると半透過部を透過する光量が最も大きく且つ均一であり、中央部を透過する半透過部は矩形状の光量が半減化されたエネルギー密度を有している。このように変換されたエネルギー密度分布をもつレーザ光を半導体ウェハWの表面に照射すると、上記実施例と同様に熱の逸散がなく効率的に且つ初期の穴形状をもつドットマーキングがなされる。

【0082】図12は光透過型の液晶マスクを利用したビームプロファイル変換手段の実施例を示している。同図によれば1ドットのマーキングに対して3×3ドットの液晶マスク45を使用する。そして、この液晶マスク45の中央の液晶を非駆動状態におき非透過状態とする。一方、その他の液晶を駆動して透過状態とする。かかる構成により、前記液晶マスク45に平滑化されたレーザ光を入射すると、図11(a)に示したエネルギー密度分布のレーザ光に変換されることになる。液晶マスク45のドット数を増加させれば、任意の透過部及び非透過部からなるパターンが形成できる。

【0083】図13は屈折現象を利用したビームプロファイル変換手段とそのエネルギー密度分布の変換状態の実施例を示している。図13ではビームプロファイル変換器47として凸型のマイクロレンズアレイをマトリックス状に配置しており、同ビームプロファイル変換器47をドット単位で通過したレーザ光のエネルギー密度分布は、同図(a)に示すごとく細長いガウシアン形状を呈し、その形状を任意に絞れば開口寸法と比較して穴深さの大きいドットマーキングが形成される。

【0084】図14は単にマトリックス状に多数の開口を形成した開口マスクをビームプロファイル変換器48として利用する例を示している。この例によれば、回折現象を利用して開口の大きさや形状を変更することにより、ビームプロファイル、すなわちビームの形状そのものを任意に制御できる。例えば、前記開口の形状を図15(a)のごとく方形とする場合には、その方形の開口を通過するビームホモジナイザ10によりエネルギー密度分布が平滑化されたレーザ光は略円形に近いレーザ光に変換され、同図(b)に示すごとく方形の各辺を内側に括った開口形状を採用する場合には、同開口を通過後のレーザ光は略方形断面を有することになる。

【0085】図19は上述の実施例により半導体ウェハSのスクライブラインSLに形成されたシングルドット文字と2Dコードマークの配列例を示している。この例

では、レーザ光がグリーンレーザの波長を緑域とし、ビームの広がりを0.5mrad以下、パルス数を100ns以下に設定している。スクライブラインSL上に形成されたドットマークの径Dは5μmである。

【0086】一方、スクライブラインSLはダイサの厚さにより規定されるが、現状では50~60μmが限界であると考えられている。そこで、本実施例ではスクライブラインSLの幅をその下方の限界である50μmと仮定して、縦長さL1を40μm、横寸法L2を160μmと設定し、その領域に8×32ドットを形成することを可能として、2Dコードマークを形成した。この2Dコードにより英数字の13文字が登録可能である。また、前記2Dコードマークに隣接させて、5×7のシングルドットマークを形成している。

【0087】以上の説明からも明らかなように、本発明に係る半導体ウェハはその特有なドットマーキング法によりスクライブラインSL上に従来の3/20~1/100の大きさの微小なドットマーキングを形成することができる上に、そのドット形状が穴径に比して深さが大きく、しかも穴の周壁が急峻な角度をもって下方に傾斜した本発明特有の形状が任意に得られるため、マーキング後にウェハ表面に多様な成膜処理と除膜処理とがなされても、その穴内部と周辺との明暗差が維持され、以降の読み込みが常に正確になされる。

【0088】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、例えば図示は省略したが本発明による微小なドットマークの形成領域としては、上記スクライブラインの他に、半導体ウェハの試験用チップの形成領域、半導体ウェハの個々のデバイス単位をなすチップの不完全形成領域、半導体ウェハの個々のデバイス単位をなす各チップ内の余剰引出し電極表面を挙げることができ、更には微小ドットマーキングとしてリソグラフィによるマーキング手法も採用が可能であって、上記実施例から当業者が容易に変更可能な技術的な範囲は当然に本発明に包含される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の微小ドットマークを半導体ウェハのスクライブライン上に形成するためのレーザマーキング装置とレーザ光のエネルギー密度分布(ビームプロファイル)の変換過程を模式的に示す説明図である。

【図2】同装置における液晶マスクの表示パターンに従って形成されるドットマークとレーザ光のエネルギー密度分布の変換過程を模式的に示す説明図である。

【図3】同装置におけるビームプロファイル変換器によるビームプロファイルの変換形状に基づき形成されるドット形状例の説明図である。

【図4】従来のドットマーク及び本発明によるドットマークとその反射光の進路比較図である。

【図5】従来のドットマークと本発明によるドットマークの明暗差を模式的に示す比較図である。

21

【図 6】回折現象を利用した上記ビームプロファイル変換器を採用したときのビームプロファイルの変換形状の一例を模式的に示す説明図である。

【図 7】前記ビームプロファイル変換器に使用される回折光学素子の平面図である。

【図 8】回折現象を利用したホログラフィック光学素子の製作法を示す説明図である。

【図 9】同ホログラフィック光学素子によるビームプロファイル変換器と同変換器によるビームプロファイルの変換形状の一例を示す説明図である。

【図 10】吸収／透過領域を有する開口マスクの平面図である。

【図 11】同開口マスクからなるビームプロファイル変換器によるビームプロファイルの変換形状の一例を模式的に示す説明図である。

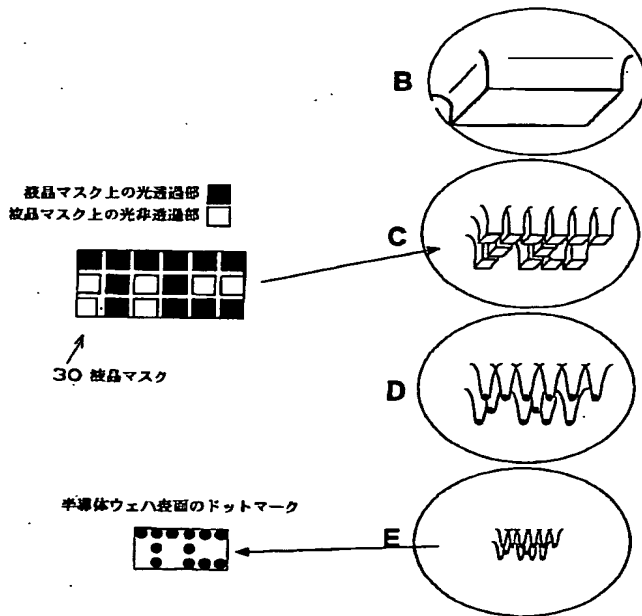
【図 12】液晶マスクを利用したビームプロファイル変換器の一例を示す平面図である。

【図 13】屈折現象を利用した凸型レンズアレイによるビームプロファイル変換器とビームプロファイルの変換形状例の説明図である。

【図 14】単純な開口マスクによるビームプロファイル変換器を採用したドットマーキング装置の概略構成図である。

【図 15】単純な開口マスクの開口形状とその形状に対

【図 2】



本発明装置における液晶マスクの表示パターンに従って形成されるドットマークとレーザー光のエネルギー密度分布の変換過程を模式的に示す説明図

22

応するドットマークの比較図である。

【図 16】穴形状による視認性の説明図である。

【図 17】液晶マスクとビームプロファイル変換器の配置関係を示す説明図である。

【図 18】レーザー光による一般的なドットマーキング装置の一例を示す全体構成図である。

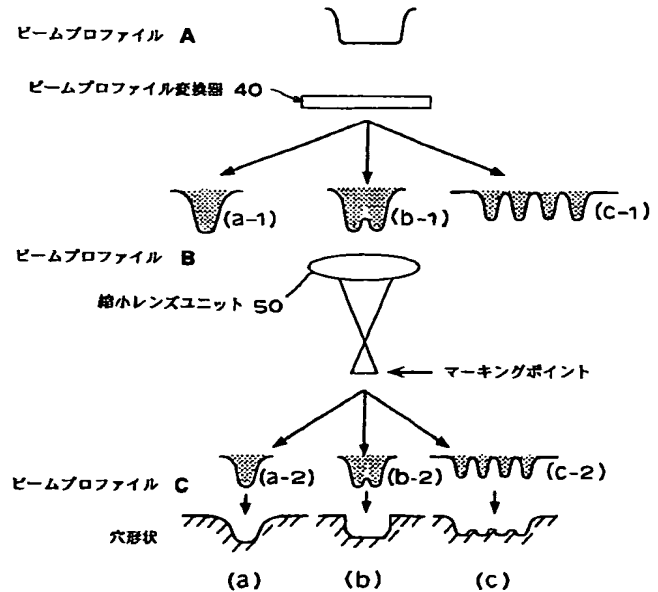
【図 19】本発明に係る半導体ウェハ上に形成されるドットマークの一例とその拡大図を示す平面図である。

【図 20】本発明による半導体ウェハ表面のドットマーク形成領域例を示す平面図である。

【符号の説明】

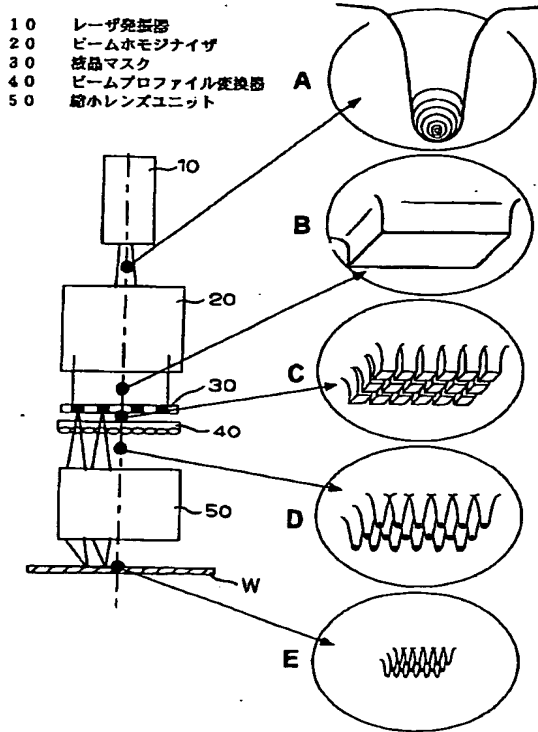
- | | |
|-------|----------------|
| 10 | レーザー発振器 |
| 20 | ビームホモジナイザ |
| 30 | 液晶マスク |
| 40 | ビームプロファイル変換器 |
| 40-1 | ビームプロファイル変換マスク |
| 41 | 開口マスク |
| 41a | 遮光部 |
| 41b | 半透過部 |
| 41c | 透過部 |
| 45 | 液晶マスク |
| 46~48 | ビームプロファイル変換器 |
| 50 | 縮小レンズユニット |

【図 3】



本発明装置におけるビームプロファイル変換器によるビームプロファイルの変換形状に基づき形成されるドット形状例の説明図

【図1】



(レーザー光のエネルギー密度分布)

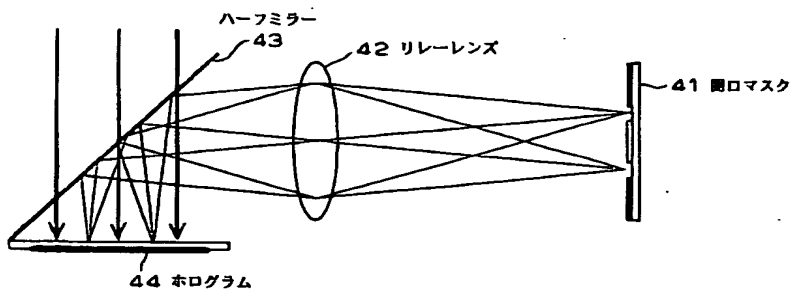
本発明の微小ドットマーキング装置とレーザー光のエネルギー密度分布（ビームプロファイル）の変換過程を模式的に示す説明図

【図5】



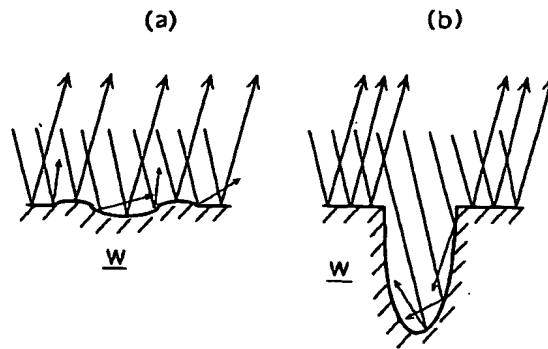
従来のドットマークと本発明によるドットマークの明暗差を模式的に示す比較図

【図8】



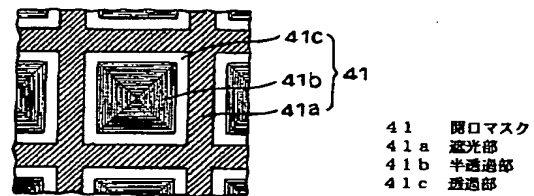
回折現象を利用したホログラフィック光学素子の製法法を示す説明図

【図4】



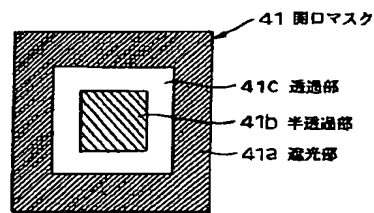
従来のドットマークと本発明によるドットマークとその反射光の進路比較図

【図7】



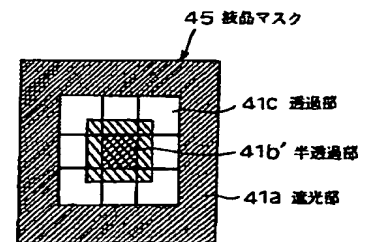
本発明装置におけるビームプロファイル変換器に使用される回折光学素子の平面図

【図10】



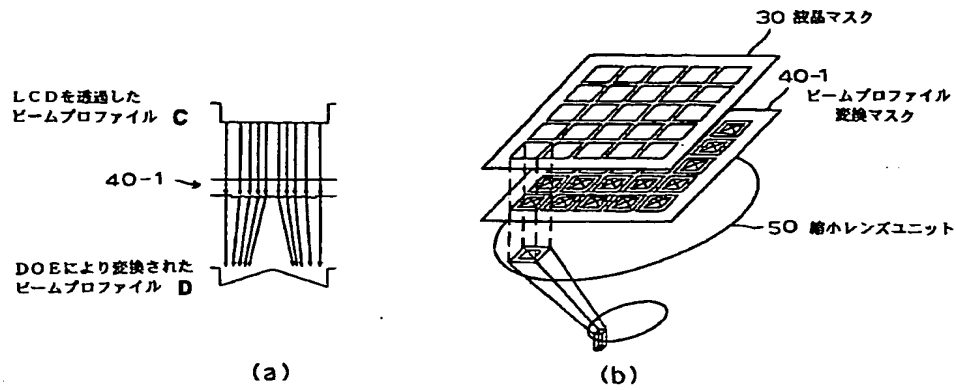
吸収/透過領域を有する開口マスクの平面図

【図12】



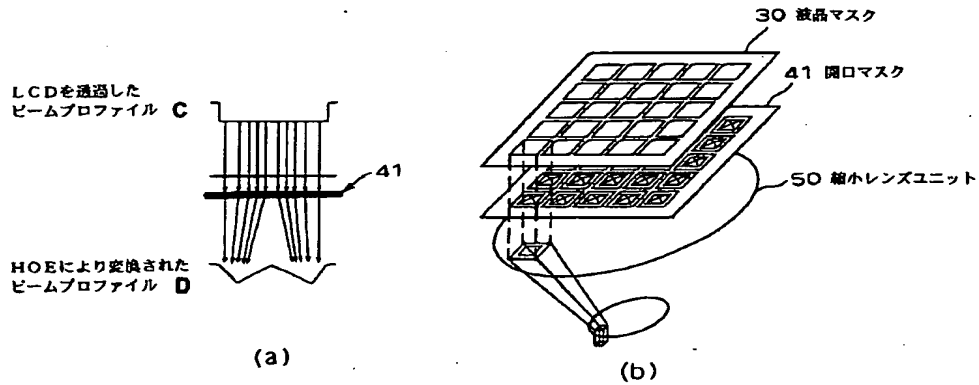
被晶マスクを利用したビームプロファイル変換器の一例を示す平面図

【図6】



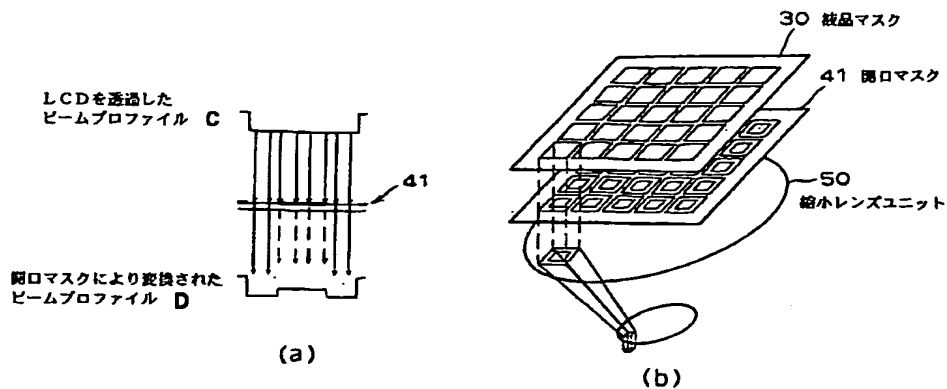
回折現象を利用した本発明装置におけるビームプロファイル変換器を採用したときのビームプロファイルの変換形状の一例を模式的に示す説明図

【図9】



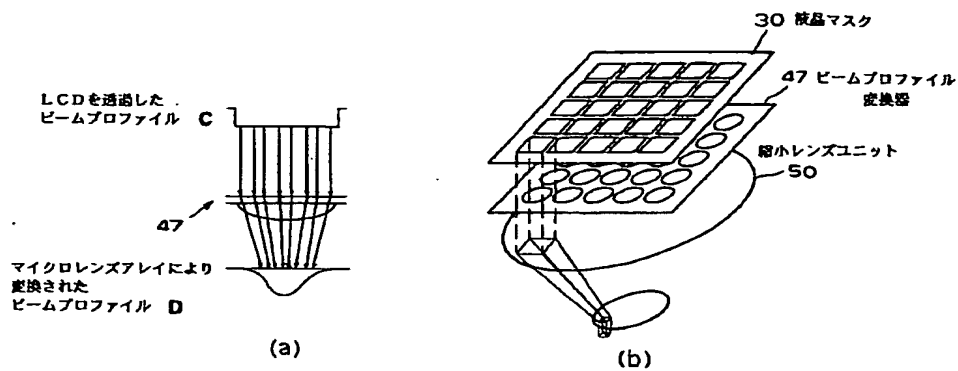
解析現象を利用したホログラフィック光学素子によるビームプロファイル変換器と同変換器によるビームプロファイルの変換形状の一例を示す説明図

【図11】



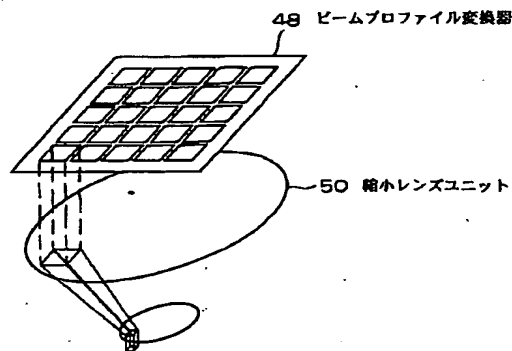
吸収/透過領域を有する開口マスクからなるビームプロファイル変換器によるビームプロファイルの変換形状の一例を模式的に示す説明図

【図13】



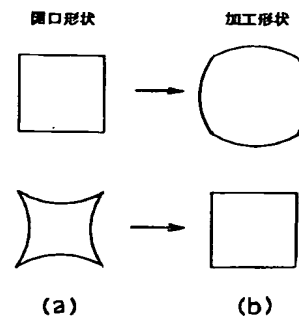
屈折現象を利用した凸型レンズアレイによるビームプロファイル変換器とビームプロファイルの変換形状例の説明図

【図14】



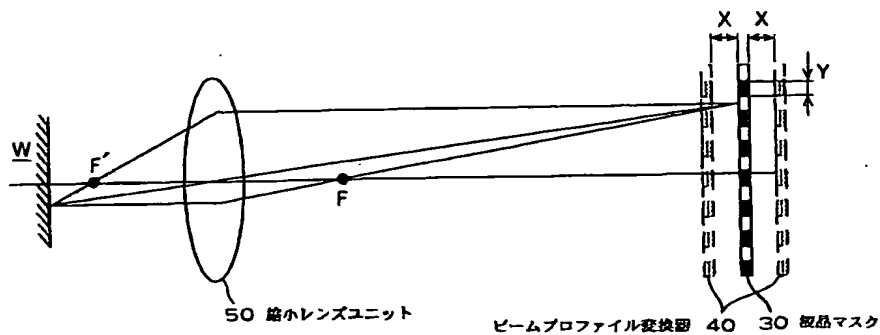
単純な開口マスクによるビームプロファイル変換器を採用したドットマーキング装置の概略構成図

【図15】



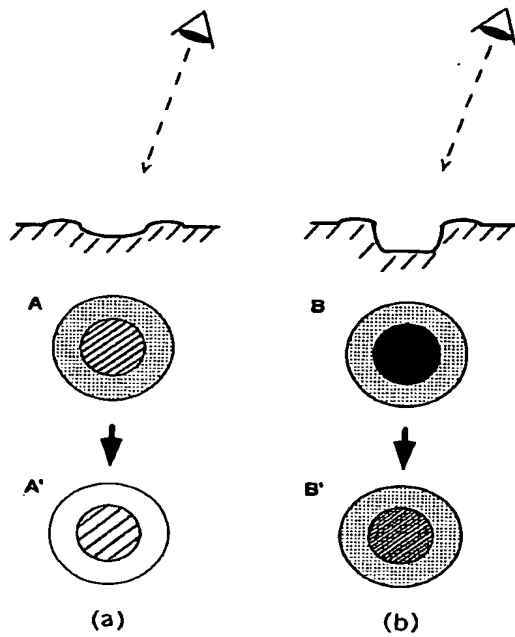
単純な開口マスクの開口形状とその形状に対応するドットマークの比較図

【図17】



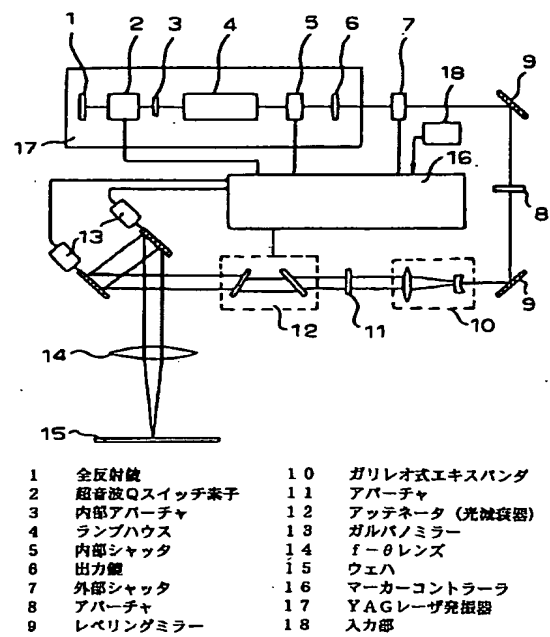
格子マスクとビームプロファイル変換器の配置関係を示す説明図

【図16】



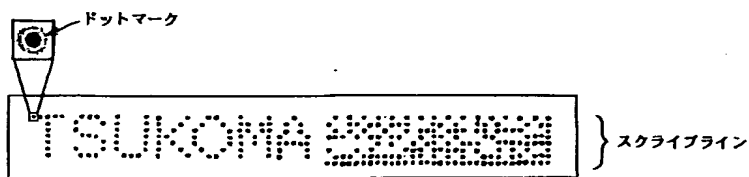
穴形状による視認性の説明図

【図18】



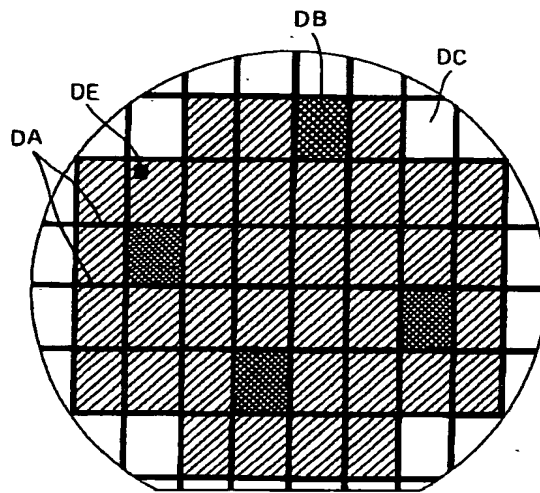
レーザー光による一般的なドットマーキング装置の一例を示す全体構成図

【図19】



本発明に係る半導体ウェハ上に形成されるドットマークの一例とその拡大図を示す平面図

【図20】



本発明による半導体ウェハ表面のドットマーク形成領域列を示す平面図

フロントページの続き

(72)発明者 大久保 英明
神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製
作所研究本部内